

Radim ČAJKA¹, Marie STARÁ², Pavlína MATEČKOVÁ³, Martina JANULÍKOVÁ⁴

EXPERIMENTÁLNÍ ZKOUŠKA ZDĚNÉHO ROHU

EXPERIMENTAL TEST OF BRICK CORNER

Abstrakt

Príspevok popisuje experimentálnu mŕrenu dodatečne predpjaté zdenej konštrukcie, ktorá je vyzdŕená ve zhotovenej ocelovej konštrukcii. Ocelová konštrukcia je vyrobená tak, aby bolo možno provádŕť radu rŕzných zkoušek s rŕznými vstupnými parametrami. Predpätie je inštalované pomocu hydraulických válcŕ do predpínacích tyčí. Ty boli vložené do spár bŕhem zdŕní konštrukcie. Výsledné deformácie zdiva jsou mŕřeny potenciometrickými čidly a výsledky jsou vyhodnoceny pomocu grafŕ.

Klíčová slova

Zdivo, předpínání, deformace, experiment.

Abstract

The paper describes experimental measurements of post tensioned prestressed masonry corner that is built in finished steel structure. The steel structure is designed so that many different tests with different input parameters could be done. Prestress is installed through prestressing bars using hydraulic cylinders. Prestressing bars were installed into the mortar joints during construction. Displacements are measured by potentiometer sensors and the results are evaluated using graphs.

Keywords

Masonry structure, prestressing, deformation, experiment.

1 ÚVOD

Vlivem hlubinné těžby černého uhlí, výstavbou tunelŕ a kolektorŕ v městské zástavbě dochází ke vzniku tzv. poklesové kotliny s charakteristickými vlivy na stavební objekty. V takto postižených oblastech je často potřeba zachránit dotčené stavby pomocu dodatečného předepnutí zdiva a základŕ. Velký význam má toto statické zajištění zejména u staveb historických, neboť ochrana kulturního dědictví patří mezi základní povinnosti vyspělých státŕ. To se provádí mimo jiné i pomocu předpínacích lan popř. tyčí, která jsou vedena na vnitřním či vnějším líci stŕn a základŕ. V místě

¹ Prof. Ing. Radim Čajka, CSc., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 344, e-mail: radim.cajka@vsb.cz.

² Ing. Marie Stará, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 375, e-mail: marie.stara@vsb.cz.

³ Ing. Pavlína Matečková, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 394, e-mail: pavlina.mateckova@vsb.cz.

⁴ Ing. Martina Janulíková, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 925, e-mail: martina.janulikova@vsb.cz.

jejich kotvení pak vzniká extrémní prostorová napjatost, která může vést až k rozdrčení a destrukci takto sanovaných konstrukcí.

Ačkoliv je tento postup sanací pomocí dodatečně vneseného předpětí dobře ověřen u železobetonových konstrukcí, pro mnohdy nehomogenní a porušené zdivo není tato technologie dostatečně ověřena zkouškami.

Z tohoto důvodu je nutné provádět experimentální zkoušky, které mají umožnit lepší pochopení chování předpjatého zdiva. Zkoušky jsou prováděny na laboratorním zkušebním zařízení, určeného pro zkoušky trojosé napjatosti zdiva. Předkládané výsledky jsou jedny z prvních dosažených výsledků měření, provedených na laboratorním zařízení, které bylo vyrobeno na Fakultě stavební VŠB – TUO.

2 VÝZTUŽ VE ZDIVU

Vodorovné ztužení zděného objektu se provádí u poddolovaných staveb z důvodu zachycení účinků vodorovného přetvoření terénu i pro zachycení účinků zakřivení terénu.

Tento způsob slouží u staticky porušených objektů pro zvýšení stability objektu a prodloužení jeho životnosti. Základním principem předpínací výztuže je tzv. sevření (spínání) porušeného objektu, tzn. vnesení tlakových sil do zděných konstrukcí tak, aby bylo zamezeno vzniku nových trhlin. Případně může dojít při vnášení tlakových sil k sevření trhlin stávajících. Ve skutečnosti dochází k zvýšení stability a únosnosti zdiva v objektu.

Jedním ze základních způsobů předpínání zdiva je použití injektážních malt a pryskyřic, které zacelí vzniklé trhliny a zajišťují soudržnost mezi zdivem a vkládanou ocelovou výztuží. Výztuž se vkládá do vyfrézované drážky v ložné spáře. Předpínací tyče pomáhají přenášet zatížení převážně tahových sil a eliminuje se vznik dalších trhlin. Tento způsob nazýváme jako dodatečně předpínané zdivo[1], [2].

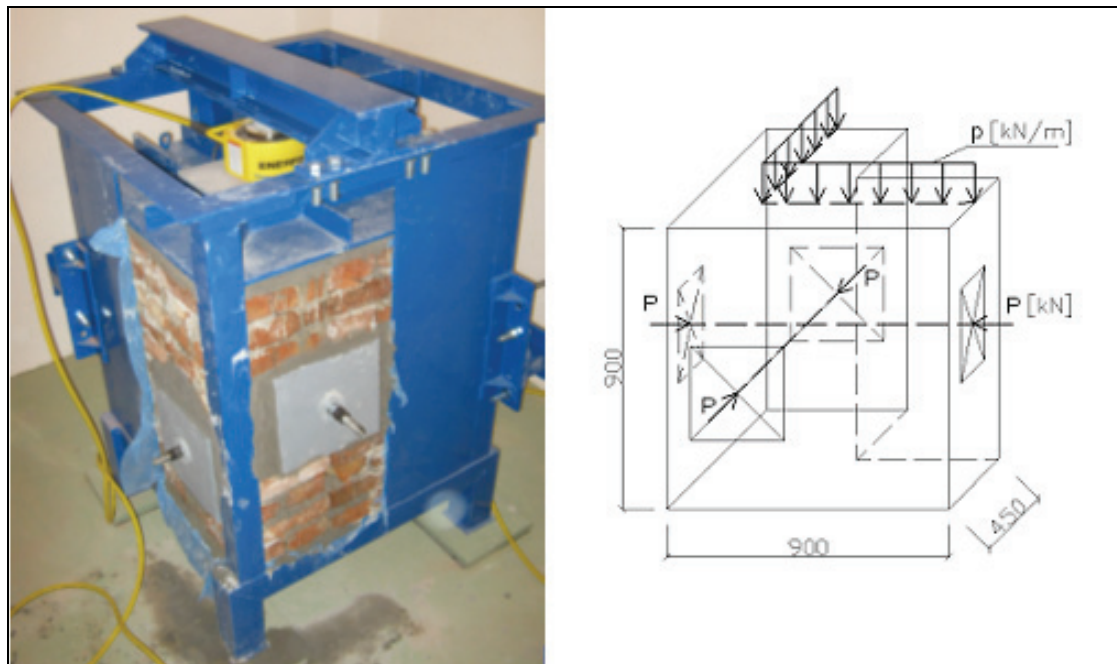
3 EXPERIMENTÁLNÍ ZKOUŠKA

Na zařízení pro zkoušení předpjatého zdiva je možnost provádění řady zkoušek pro různé vstupní parametry, např. použití různých materiálů (zdicí prvky a malta), uspořádání a počet předpínacích lan, velikost předpínacích sil, velikost a tvar kotevních desek, velikost svislého zatížení, počet vrstev zdicích prvků či tloušťek spár, vazba zdiva, způsob uložení zdiva (prosté, kluzná spára apod.). Měření zděné konstrukce bylo provedeno jako modelový příklad pro zkušební provoz experimentálního zařízení, při kterém byl ověřen navržený postup a metodika zkoušek [3].

V první fázi experimentálního měření je vyzdění zděného rohu o půdorysu ve tvaru písmene L. Vyzdění je provedeno do připraveného laboratorního zařízení, které je určeno pro zkoušky trojosé napjatosti předpjatého zděného rohu (obr. 1), o půdorysných rozměrech 900 x 900 mm. Celková výška laboratorního zařízení je 1550 mm, výška vyzdění je 870 mm (11 řad cihel včetně spár). Použitým zdicím materiálem je cihla plná pálená o výrobních rozměrech 290 x 140 x 65 mm na maltu cementovou M10. Hodnoty pevností cihel a malty jsou získány laboratorním měřením vzorků odebraných při zdění konstrukce. Tloušťka zdiva je 450 mm. Teplota, ve které se laboratorní zařízení nachází, se pohybuje v rozmezí 20-25°C.

V této konstrukci jsou vloženy dvě předpínací tyče ve směrech na sebe kolmých, přibližně ve výškách 370 a 445 mm, které jsou ukotveny v roznášecích deskách velikosti 300 x 300 x 10 mm. V tomto měření se předpínací síla instalovala pouze do jedné z tyčí a to až po přitížení svislým zatížením.

V druhé fázi je konstrukce zděného rohu na horní ploše zatížená svislým zatížením pomocí zatěžovací desky. Toto zatížení simuluje v konstrukci svislé zatížení např. od stropu, střechy nebo dalších podlaží. Pro svislé zatížení při laboratorním měření byla zvolena hodnota odpovídající svislému zatížení rodinného domu vyvozující napětí v základové spáře 119,2 kPa. Plocha roznášecí desky pro roznesení svislého zatížení 0,6075 m².



Obr. 1: Laboratorní zařízení pro měření deformací zděného rohu (vlevo), schématický náčrtek (vpravo)

V další fázi jsou na předpínací tyče upevněny roznášecí desky a pomocí hydraulického zařízení je vyvozeno požadované předpětí pouze u jedné tyče. Hodnoty předpínací síly se odvíjí od celkové pevnosti zdiva, která je určena z laboratorních zkoušek cihel a malty zkoušené konstrukce [4]. Hodnoty předpínacích sil se orientačně určily jako 5, 7, 10 a 12 % z charakteristické pevnosti zdiva v tlaku kolmo na ložné spáry. Průběh zkoušky byl proveden dle [5].

Dle výpočtu ČSN P ENV 1996-1-1 [6] charakteristická hodnota pevnosti zdiva pro obvyčnou maltu daná vztahem

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} (N/mm^2), \quad (1)$$

kde dosadíme $K = 0,35$ což odpovídá 4 třídě [7]. Výsledná pevnost v tlaku zdících prvků z laboratorních zkoušek provedených dle [8] je $f_b = 20,88$ MPa a hodnota pevnosti zdící malty v tlaku stanovená dle [9] je $f_m = 9,8$ MPa. Po dosazení do výše uvedeného vztahu bude charakteristická pevnost zdiva rovna $f_k = 5,82$ MPa. Roznášecí plocha pro předpínací zařízení je $0,09$ m². V tabulce jsou uvedeny hodnoty předpínacích sil a jejich přepočet na jednotku tlaku oleje v hydraulickém systému [bar].

Tab. 1: Přepočet předpínacích sil

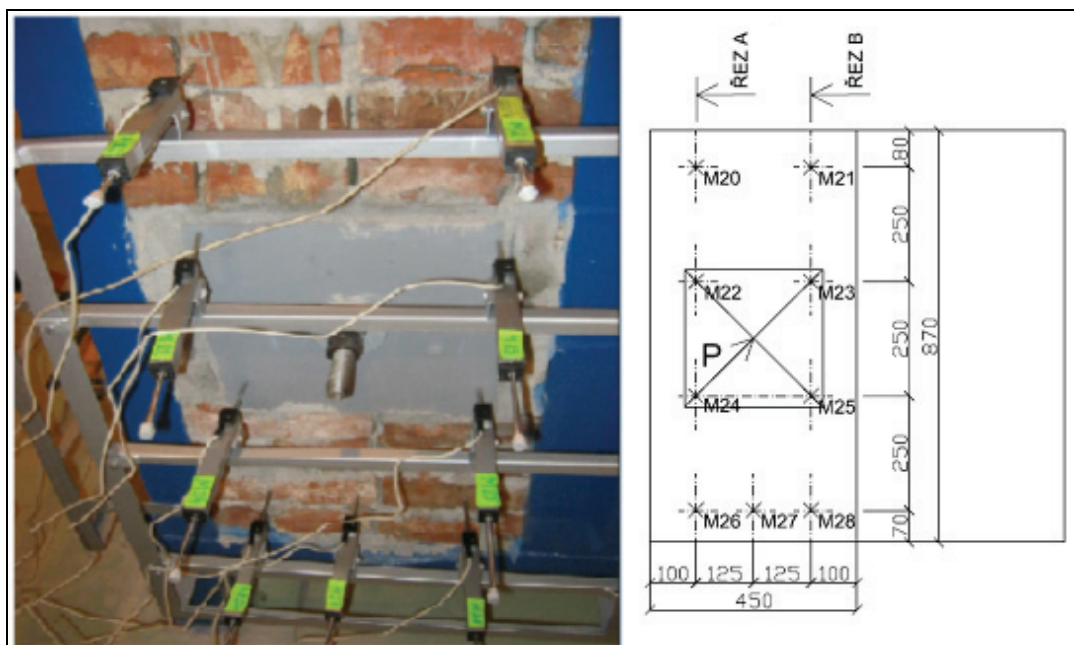
	Napětí v ZS [kPa]	Síla P [kN]	Přepočet [bar]
5%	291,0 kPa	26,19 kN	56,20 bar
7%	407,4 kPa	36,66 kN	78,66 bar
10%	582,0 kPa	52,38 kN	112,40 bar
12%	698,4 kPa	62,85 kN	134,87 bar

Zkušební měření je provedeno pomocí 10 potenciometrických čidel, která jsou upevněna k ocelové konstrukci pomocí ocelových úhelníků. Uložení potenciometrů je pomocí posuvných držáků, které lze fixovat do požadované polohy utahovacími šrouby. Pohyb potenciometrů je umožněn jak ve směru svislém, tak ve směru vodorovném. Umístění potenciometrů je ve čtyřech řadách po 2 ks. Manipulace s čidly je snadná a dobře přístupná. Naměřená data se přenáší do měřicí stanice, poté se data uloží do počítače ve formě tabulkových procesorů. Interval naměřených hodnot jednotlivých posunů je 60s.

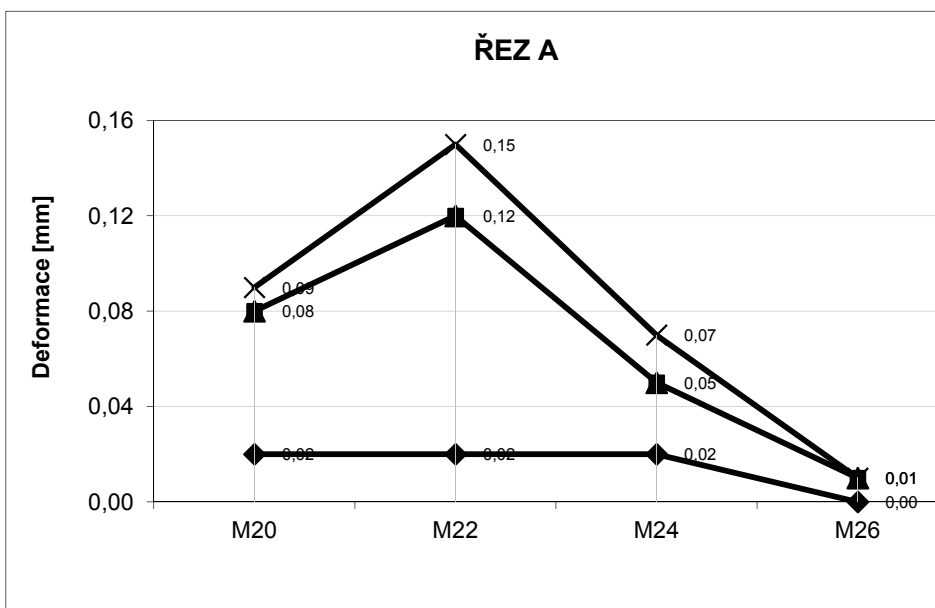
4 NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY

Zkoušky zděného rohu probíhaly postupným přitěžováním konstrukce pomocí předpínací tyče. Počáteční předpínací síla byla na 5 % z celkové charakteristické pevnosti zdiva v tlaku kolmo na ložné spáry. Tato hodnota se postupně navyšovala na hodnoty uvedené v tab. 1, kde maximální hodnota předpínací síly byla instalována na 12 % z celkové charakteristické pevnosti zdiva, což odpovídá síle o velikosti 62,85 kN. Po změření konečných deformací od předpínací síly byla konstrukce odtěžena.

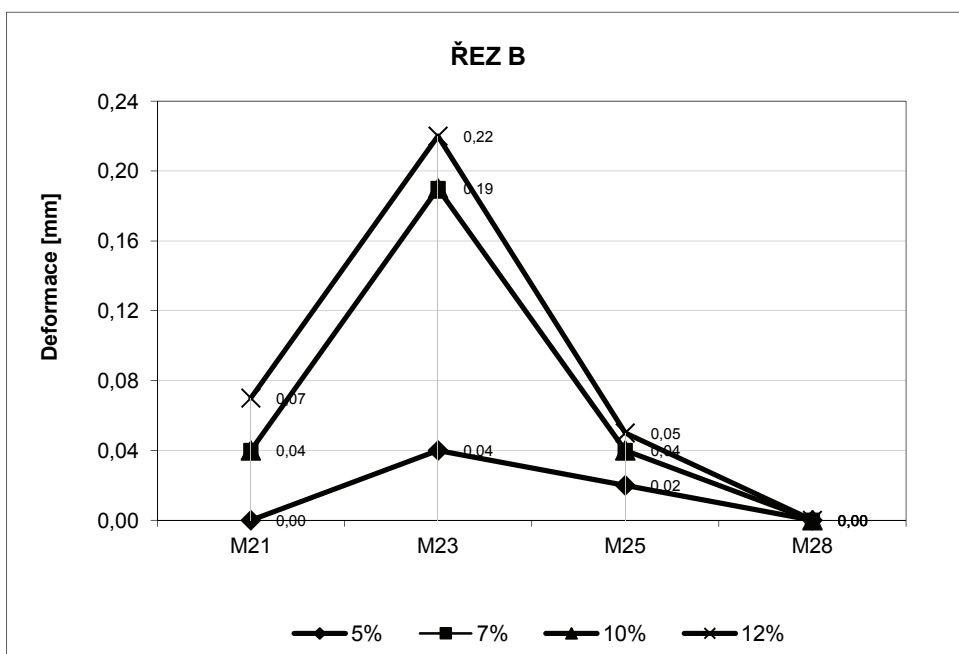
Pro přehlednost jednotlivých výsledků byla potenciometrická čidla označena hodnotami M20 až M28 pro měření posunů od deformace způsobené předpínací tyčí (dle obr. 2) a potenciometrická čidla s označením M0 a M1 byla upevněna ve směru kolmém na předpínací tyč, pro zaměření případných deformací v druhém směru.



Obr. 2: Umístění potenciometrických čidel M20 až M28, roznášecí desky a předpínací síly P [kN]



Graf 1: Deformace ve svislém řezu A procházející body M20, M22, M24 a M26



Graf 2: Deformace ve svislém řezu B procházející body M21, M23, M25 a M28

Nejvýraznější průběhy deformací proběhly v bodech M21 až M25. Tyto deformace odpovídají předpokladům o maximálních napětích a deformacích v místě kotvení předpínací tyče. Pro snazší orientaci ve výsledcích jsou v Grafu 1 vykresleny průběhy deformací vedený řezem A, který prochází body M20, 22, 24 a 26 a v Grafu 2 jsou vykresleny průběhy deformací vedený řezem B, který prochází body M21, 23, 25 a 28, viz obr. 2.

5 ZÁVĚR

Zděná konstrukce vyzděná do připravené ocelové konstrukce byla dodatečně předepnuta předpínací silou pouze v jednom směru, předpínací síly byly vnášeny do konstrukce postupně.

Další směr měření bude zaměřen na předepínání zděné konstrukce s vyšší předpínací silou, poté předpětí ve dvou směrech s použitím vyšších předpínacích sil a také různých hodnot svislého zatížení.

Následně bude provedeno modelování v programu založeném na metodě konečných prvků a poté provedeno srovnávání s výsledky měření. Na základě tohoto porovnání bude možné zlepšovat vytvořené modely a přiblížit se tak přesným a současně jednoduchým postupům pro modelování zdiva.

Experimentální měření zděné konstrukce slouží také jako podklad pro zkoušky kluzných spár, které navazují na projekt MPO číslo FR-TI2/746 Reologická kluzná spára s teplotně řízenými viskoelastickými vlastnostmi, kde se předpokládá ověření jejich teplotně závislých reologických vlastností při běžných venkovních teplotách, ve styku se zděnými konstrukcemi vystavené působení předpětí.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován za podpory SGS grantu, interní číslo SP 2011/147.

LITERATURA

- [1] BAŽANT, Z.; KLUSÁČEK, L. Statika při rekonstrukcích objektů. VUT Brno, 2004.
- [2] BRADÁČ, J. Účinky poddolování a ochrana objektů, díl první a druhý. Dům techniky Ostrava. Ostrava, 1999. ISBN 80-02-01276-3
- [3] MYNARZOVÁ, L. Statická analýza konstrukcí zděných staveb. *Disertační práce 2009*. VŠB-TU Ostrava 2009. ISBN 978-80-248-2064-4
- [4] SCHUBERT, P.; HOFFMANN, G. Druckfestigkeit von Mauerwerk parallel zu den Lagerfugen. Mauerwerk-Kalender 1994, Ernst Sohn & Berlin 2004.
- [5] ČSN 73 2030 Zatěžovací zkoušky stavebních konstrukcí, Společná ustanovení, Český normalizační institut, 1993
- [6] ČSN EN 1996-1-1 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby – Pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce, Český normalizační institut, 2007
- [7] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, Český normalizační institut, 2005
- [8] ČSN EN 1052-1 Zkušební metody pro zdivo, Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku, Český normalizační institut, 2000
- [9] ČSN EN 1015-11 Zkušební metody malt pro zdivo, Část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku, Český normalizační institut, 2000

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Zdeněk Bažant, CSc., Ústav betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně.

Doc. Ing. Petr Bouška, CSc., Oddělení experimentálních a měřicích metod, Kloknerův ústav, České vysoké učení technické v Praze.